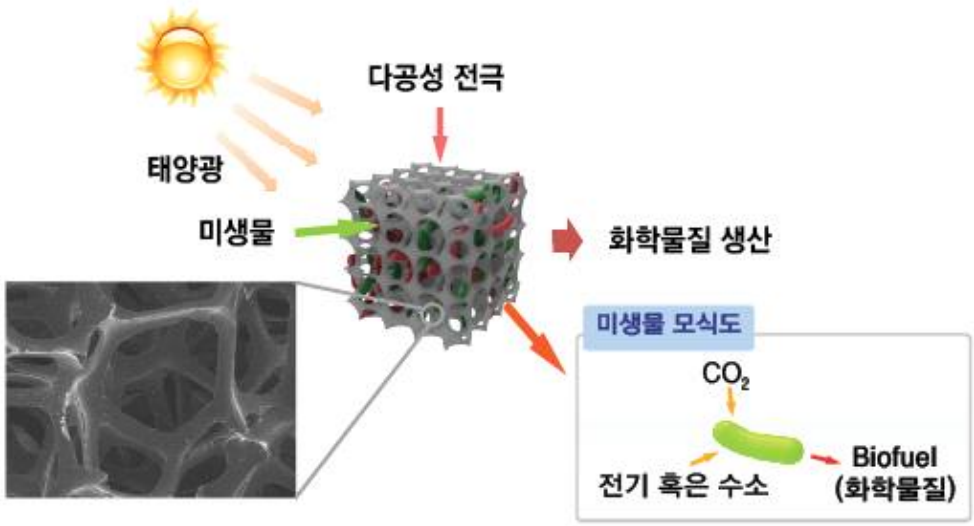
연구동향

미생물 전기생합성을 위한 지지체 개발 동향

한양대학교 김동립 교수

환경오염 문제의 주체이며 점점 그 양이 고갈되어 가고 있는 화석연료에 대한 대체 노력이 한창인 가운데 microbial fuel cell부터 신개념 microbial 화학물질 생산시스템까지 미생물을 활용한 전기 혹은 연료 생산이 주목받고 있다. 특히 최근에는 무한한 청정에너지원으로 각광받는 태양광을 이용하여 전기 혹은 수소를 생산하여 미생물에 공급하여 미생물의 전기생합성 반응을 일으켜 화학물질을 생산하는 연구가 한창이다. 이러한 연구개발이 성공적으로 이루어진다면 기존의 석유산업이 담당하고 있는 에너지원과 화학물질 생산을 동시에 대체할 수 있을 뿐만 아니라 이산화탄소 배출 저감에도 크게 기여하는 혁신이 기대된다.



미생물을 활용한 화학물질 생산을 위해서는 고부가가치 화학물질 대량 생산을 위한 미생물 개발만큼 중요한 것이 미생물 전기생합성을 극대화시킬 수 있는 지지체 개발이

다. 미생물로의 전기 혹은 수소 공급을 극대화하기 위해서는 미생물 친화적이면서 넓은 비표면적을 가져 미생물이 최대한 부착될 수 있으면서도 전기전도성이 뛰어난 지지체가 필요하기 때문이다. 이를 위해서 미생물 크기가 수 마이크로미터인 것을 감안하여 비표면적을 최대한 증가시킬 수 있는 3차원 다공성 전극 제작이 필요하다.

최근 이와 관련하여 여러 연구 결과가 보고되었는데, Zhang et al. (2013)은 bio cathode 역할을 하는 여러 전극에 sporomusa ovata를 부착시켜 acetate 생산량을 측정한 결과 chitosan이 코팅된 carbon cloth 전극에서 일반 carbon cloth 전극에 비해 6~7배가량 많은 acetate를 생산해낸다는 것을 밝혀냈고 그 원인으로 일반 carbon cloth 전극에 비해 chitosan 코팅 전극에 부착된 cell 밀도가 9배나 증가한 까닭이라고 보고하였다.

Nie et al. (2013)은 graphite bio cathode에 nickel nanoparticle을 코팅한 후 그 위에 nickel nanowire network를 성공적으로 형성함으로써 계층구조를 제작하였고 그 결과 전극의 표면적을 50배가량 증가시킬 수 있었다. 이 때 nickel nanowire network와 graphite간의 낮은 adhesion으로 인해 일반적으로 nickel network가 용액 상에서 떨어져나가는 현상이 발생하는데 이는 microwave 조사법을 활용하여 해결하였다. Sporomusa를 부착시키고 acetate 생산량을 측정한 결과 일반 graphite bio cathode에 비해 2.3배 증가한 산출량을 기록하였다.

Flexer et al. (2013)은 상용화되어 판매되고 있는 일반 카본 다공성 전극에 탄소나노튜브를 직접 성장시켜 하나의 계층구조를 갖는 bio anode를 제작하였다. 여기에 geobacterae sp.로 추정되는 다량의 미생물로 구성된 biofilm을 형성한 후 전류밀도를 측정한 결과 일반 카본 다공성 전극에 비해 3배가량 높은 전류밀도를 형성하는 것을 확인하였고 이를 통해 계층구조를 갖는 다공성 전극에 대한 우수성을 확인하였다.

Jourdin et al. (2014) 역시 일반 카본 다공성 전극에 탄소나노튜브를 직접 성장시켜 계층 구조를 갖는 bio cathode를 제작하고 그 위에 여러 미생물이 혼재된 biofilm을 형성한 후 일반 graphite 평판과 비교하여 acetate 산출량을 보고하였다. 이 때 전체 표면적으로 normalize시킨 acetate 산출량을 비교했음에도 불구하고 2.6배 향상된 acetate 산출량을 기록하였으며 이는 탄소나노튜브 상으로의 우수한 미생물 부착뿐만 아니라 향상된 미생물 extracellular electron transfer에 기인한다고 분석하였다.

미생물 전기생합성을 통한 고부가가치 화합물 등 화학물질 생산을 위해서는 이에 최적화된 미생물 개발이 중요한 한편 이 process에 최적화된 지지체 개발이 필수적이고, 이에 관련된 연구가 동시에 활발히 진행 중이다. Nanotechnology 발전과 함께 각종 신개념 공정이 개발되었고 이를 토대로 미생물 전기생합성에 최적화된 지지체 개발 및 표면처리를 통해 미생물 부착성과 extracellular electron transfer, 전기전도도 등의 극대화가 이루어진다면 기존의 석유기반 화학물질 생산을 대체할 날도 멀지않았다고 보

여진다.

참고문헌

1. Zhang, T. et al. (2013) Improved cathode materials for microbial electrosynthesis. *Energy Environ. Sci.*. 6, 217.

2. Flexer, V. et al. (2013) The nanostructure of three-dimensional scaffolds enhances the current densioty of microbial bioelectrochemical systems. *Energy Environ. Sci.* 6, 1291.

3. Jourdin, L. et al. (2014) A novel carbon nanotube modified scaffold as an efficient biocathode material for improved microbial electrosynthesis, *J. Mater. Chem A*, 2, 13093.

4. Nie, H. et al. (2013) Improved cathode for high efficient microbial catalyzed reduction in microbial electrosynthesis cells, *Phys. Chem. Chem. Phys*. 15, 14290.